

## Ferroelectric liquid-crystal cell.

Patent Number: EP0309774

Publication dat : 1989-04-05

Inventor(s): OSTROVSKIY BORIS ISAAKOVICH; POZHIDAEV EVGENIY PAVLOVICH; RABINOVICH ARNOLD ZINOVIEVICH; SCHADT MARTIN; BERESNEV LEONID ALEXEEVICH; CHERNOVA NINA IVANOVNA; CHIGRINOV VLADIMIR GRIGORIEVIC; DERGACHEV DMITRY IVANOVICH; IVASHCHENKO ALEXANDER VASILIEV; LOSEVA MARINA VASILIEVNA; TITOV VICTOR VASILIEVICH

Applicant(s):: HOFFMANN LA ROCHE (CH); NIOPIC MOSCOW RES & PROD ASS (SU)

Requested Patent:  EP0309774, A3, B1

Application Number: EP19880114497 19880906

Priority Number(s): CH19880001555 19880426; CH19870003607 19870918; CH19870003640 19870921; CH19870003722 19870925

IPC Classification: C09K19/00 ; C09K19/54 ; C09K19/58 ; G02F1/137

EC Classification: C09K19/58B, G02F1/141

Equivalents: CN1032182, DE3876059D, HK44096,  JP1152430, JP2532606B2, KR9700352

### Abstract

The cell has a chiral ferroelectric smectic liquid crystal between two transparent plates with electrodes for generating an electric field, and polarisers in front of and behind the liquid crystal, the ratio d/p of the thickness d of the liquid crystal layer to the pitch p of the helical twisting being larger than 5, the smectic tilt angle theta 0 being between 22.5 DEG and 50 DEG, and the product d. theta @. DELTA n.1/ lambda (phase factor) of the thickness d, the square of the tilt angle theta 0, the value of the birefringence DELTA n

and the reciprocal of the optical wavelength lambda being larger than 0.45 mu m.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer:

0 309 774  
A2

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: 88114497.6

⑮ Int. Cl. 4: G02F 1/137, C09K 19/00

⑭ Anmeldetag: 06.09.88

⑯ Priorität: 18.09.87 CH 3607/87  
21.09.87 CH 3640/87  
25.09.87 CH 3722/87  
26.04.88 CH 1555/87

⑰ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
05.04.89 Patentblatt 89/14

⑯ Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB IT LI NL SE

⑯ Anmelder: F. HOFFMANN-LA ROCHE & CO.  
Aktiengesellschaft  
CH-4002 Basel(CH)

Anmelder: NIOPIC MOSCOW RESEARCH AND  
PRODUCTION ASSOCIATION  
B. Sadovaya 1/4  
SU-103787 Moskau(SU)

⑰ Erfinder: Beresnev, Leonid Alexeevich, Dr.  
Acad. Pilyugin St. 26 Flat 285  
117393 Moskau(SU)  
Erfinder: Chernova, Nina Ivanovna, Dr.  
Shchelkovskoye Highway 86 Flat 100  
105523 Moskau(SU)  
Erfinder: Chigrinov, Vladimir Grigorievich, Dr.  
Svobody St. 73 Flat 35  
123481 Moskau(SU)  
Erfinder: Dergachev, Dmitry Ivanovich, Dr.  
Bogdanow St. 48-2 Flat 127  
127322 Moskau(SU)  
Erfinder: Ivashchenko, Alexander Vasilievich,  
Prof. Dr.  
Pervomayskaya St. 44a Flat 57  
141700 Dolgoprudny Moskau Region(SU)  
Erfinder: Loseva, Marina Vasilievna, Dr.  
Festivalnaya St. 65 Flat 214  
125502 Moskau(SU)  
Erfinder: Ostrovskiy, Boris Isaakovich, Dr.  
Profsoyuznaya St. 156-1 Flat 197  
117465 Moskau(SU)  
Erfinder: Pozhidaev, Evgeniy Pavlovich, Dr.  
Yablochkov St. 21-2 Flat 43  
127322 Moskau(SU)  
Erfinder: Rabinovich, Arnold Zinovievich, Dr.  
Gastello St. 8 Flat 9  
107014 Moskau(SU)  
Erfinder: Schadt, Martin, Dr.  
Liestalerstrasse 77  
CH-4411 Seltisberg(CH)

EP 0 309 774 A2

Erfinder: Titov, Victor Vasilevich, Prof. Dr.  
 Festivalnaya St. 12 Flat 95  
 125414 Moskau(SU)

Vertreter: Buntz, Gerhard et al  
 Grenzacherstrasse 124 P stfach 3255  
 CH-4002 Basel(CH)

54) Ferroelektrische Flüssigkristallzelle.

55) Flüssigkristallanzeigezelle mit einem chiralen ferroelektrischen smektischen Flüssigkristall zwischen zwei transparenten Platten, mit Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes und Polarisatoren vor und hinter dem Flüssigkristall, wobei das Verhältnis d:p der Dicke d der Flüssigkristallschicht zur Ganghöhe p der schraubenförmigen Verdrillung grösser ist als 5, der smektische Kippwinkel  $\theta_0$  zwischen  $22,5^\circ$  und  $50^\circ$  liegt und das Produkt  $d \cdot \theta_0^2 \cdot \Delta n \cdot 1/\lambda$  (Phasenfaktor) aus der Dicke d, dem Quadrat des Kippwinkels  $\theta_0$ , dem Wert der Doppelbrechung  $\Delta n$  und dem Reziprokwert der Lichtwellenlänge  $\lambda$  grösser ist als  $0.45 \mu\text{m}$ .

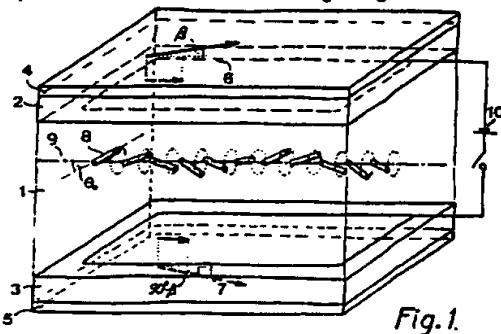


Fig.1.

## Ferroelektrische Flüssigkristallanzeigezelle

Die Erfindung betrifft eine Flüssigkristallanzeigezelle mit einer chiralen ferroelektrischen smektischen Flüssigkristallschicht, deren Helixstruktur durch Einwirkung eines elektrischen Feldes derart beeinflusst wird, dass sich ihre optische Anisotropie ändert, einem Paar den Flüssigkristall einschliessender, transparenter Platten, die mit einer die Moleküle des Flüssigkristalls ausrichtenden Oberflächenstruktur und mit Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes im Flüssigkristall versehen sind, und je einem Polarisator vor und hinter dem Flüssigkristall. Die Erfindung betrifft ferner chirale bzw. optisch aktive Verbindungen und flüssigkristalline Mischungen zur Verwendung in dieser Zelle, sowie die Verwendung dieser Verbindungen für elektro-optische Zwecke.

Der Effekt der Deformation einer Helixstruktur der vorstehenden Art durch ein elektrisches Feld ist in Ostrovski, B.I., Advances in Liquid Crystal Research and Applications, Oxford/Budapest, 1980, Seiten 469 ff. beschrieben. Der Effekt wird in der Literatur gelegentlich mit der Abkürzung DHF für "Distorted Helix Ferroelectric" bezeichnet. In dem erwähnten Artikel wurde die Möglichkeit der Modulation eines Lichtstrahls mit einer Frequenz von 1 kHz und mit einem elektrischen Feld von weniger als  $6 \times 10^{-3}$  V/cm in Betracht gezogen. In der Folge schien sich jedoch herauszustellen, dass auf der Grundlage dieses Effekts keine praktisch brauchbare elektrooptische Zelle zu verwirklichen ist.

Ein bekannter, jedoch anders gearteter Effekt ist der sog. Surface Stabilized Ferroelectric Liquid Crystal (SSFLC) Effekt von Lagerwall und Clark, bei dem ferroelektrische Flüssigkristalle in einer unverdrillten Konfiguration zur Anwendung kommen. Dieser Effekt ist in Mol. Cryst. Liq. Cryst. 94 (1983), 213-234 und 20 114 (1984), 151-187 beschrieben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine DHF-Zelle bereitzustellen, die neben den bekannten Vorzügen des DHF-Effekts die für einen praktischen Einsatz als Lichtventil oder Anzeigezelle erforderlichen Eigenschaften aufweist.

Erfindungsgemäss wird dies erreicht durch eine DHF-Zelle der eingangs angegebenen Art, die sich dadurch auszeichnet, dass das Verhältnis  $d/p$  der Dicke  $d$  der Flüssigkristallschicht zur Ganghöhe  $p$  der schraubenförmigen Verdrillung grösser ist als 5, der smektische Kippwinkel  $\theta_0$  zwischen  $22,5^\circ$  und  $50^\circ$  liegt und das Produkt  $d \cdot \theta_0^2 \cdot \Delta n \cdot 1/\lambda$  grösser ist als  $0,1 \mu\text{m}$ .  $\Delta n$  ist die Doppelbrechung und  $\lambda$  die Wellenlänge des Lichts.

Im folgenden werden anhand der beiliegenden Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische perspektivische Darstellung eines kleinen Ausschnitts aus einer Flüssigkristallzelle nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit der Speicherzeit von der angelegten Spannung.

Wie in Fig. 1 gezeigt, besteht die vorliegende Flüssigkristallzelle aus einer Flüssigkristallschicht 1, die zwischen zwei im wesentlichen zueinander planparallelen Platten 2,3 aus durchsichtigem Material, z.B. Glas, Acrylglas, Kunststofffolien etc. angeordnet ist. Vor der vorderen Platte 2 befindet sich ein Polarisator 4, der vorzugsweise mit der Platte verbunden, beispielsweise aufgeklebt ist. Entsprechend ist der hinteren Platte 3 ein Polarisator 5 zugeordnet. Die Platten haben einen Abstand  $d$  voneinander.

Auf ihren dem Flüssigkristall zugewandten Oberflächen weisen die Platten 2, 3 die üblichen, zur Darstellung von Zeichen oder Bildpunkten segmentierten Elektrodenbeschichtungen auf. Auf dem hier dargestellten Ausschnitt aus einer Zelle ist lediglich ein einzelnes Elektrodensegment 6 auf der Platte 2 und ein gegenüberliegendes Elektrodensegment 7 auf der rückwärtigen Platte 3 gezeigt.

Die dem Flüssigkristall zugewandten Oberflächen sind ausserdem so behandelt, dass sie auf die angrenzenden Flüssigkristallmoleküle eine Richtwirkung ausüben und damit die Richtung des Direktors bestimmen. Diese Behandlung besteht beispielsweise im Reiben der Oberfläche in einer Richtung zur Erzielung einer planaren Orientierung. Andere Möglichkeiten sind das Schrägaufdampfen orientierender Schichten, etc. Das Ergebnis dieser Behandlung wird für den Zweck dieser Beschreibung als Oberflächenorientierung bezeichnet. Die Oberflächenorientierung auf den beiden Platten ist durch Pfeile dargestellt. Auf der hinteren Platte 3 ist die Oberflächenorientierung zu dergenigen auf der vorderen Platte parallel. Ausser planarer Oberflächenorientierung können auch homöotrope Orientierung oder Kombinationen aus beiden in Frage kommen.

Der zur vorderen Platte gehörende Polarisator 4 ist so angeordnet, dass er mit der Richtung der Oberflächenorientierung bzw. mit der Helixachse einen Winkel  $\beta$  einschliesst. Der zur rückseitigen Platte gehörige Polarisator ist gegen den vorderen Polarisator um einen Winkel von  $90^\circ$  verdreht. Diese Anordnung

der Polarisatoren stellt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dar. Es sind andere Polarisatoranordnungen möglich, mit denen ebenfalls gute Ergebnisse erzielbar sind. Die geeigneten Polarisatoranordnungen sind ohne weiteres durch einfaches Optimieren bestimmbar.

Der Flüssigkristall 1 ist ein chiraler smektischer ferroelektrischer, in der Literatur häufig als smektisch C bezeichneter Flüssigkristall. Solche Flüssigkristalle sind aus der Literatur bekannt. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Moleküle nicht senkrecht zu den smektischen Ebenen, sondern unter einem bestimmten Winkel, dem smektischen Kippwinkel  $\theta_0$ , angeordnet sind. Die Chiralität besteht darin, dass die Molekülrichtungen nicht in allen Schichten zueinander parallel sind, sondern von Schicht zu Schicht gegeneinander verdreht sind, sodass insgesamt eine schraubenförmige Verwindung entsteht. Bei planarer Oberflächenorientierung ist die Achse dieser schraubenförmigen Verdrillung parallel zu den Platten ausgerichtet. In Fig. 1 ist jeweils ein Molekül 8 pro smektische Schicht und die sich von Schicht zu Schicht fortsetzende schraubenförmige Verwindung der Moleküle gegeneinander entlang einer Helixachse 9 gezeigt. Der smektische Kippwinkel  $\theta_0$  ist der Winkel zwischen der Moleküllängsachse und der Helixachse 9. Die Ganghöhe der Helix im feldfreien Zustand des Flüssigkristalls ist  $p_0$ .

Wird an die Elektroden 6 und 7 eine Spannung angelegt, so entsteht im flüssigen Kristall ein elektrisches Feld, das eine Umröntierung der Moleküle bewirkt. Von der symbolisch angedeuteten Spannungsquelle 10 kommen im praktischen Fall periodische Signale oder auch Ansteuerimpulse, die bei der vorliegenden Zelle, wie nachstehend noch im einzelnen erläutert, gegensinnige Polarität haben können.

Im Ruhezustand, d.h. ohne angelegtes elektrisches Feld, zeigt die Zelle eine bestimmte Lichtdurchlässigkeit. Durch Anlegen eines elektrischen Feldes wird die Helixanordnung der Moleküle deformiert, was eine Änderung der Lichtdurchlässigkeit zur Folge hat. Zwischen den beiden Zuständen besteht ein optischer Kontrast. Die durch das elektrische Feld hervorgerufene Deformation der Schraubenstruktur bewirkt im wesentlichen eine Änderung der Ganghöhe.

Je nach der Abhängigkeit der Intensität des Lichts von der angelegten Spannung sind zwei verschiedene Betriebsarten möglich, nämlich die lineare, bei der die Intensität zur angelegten Spannung direkt, und die quadratische, bei der die Intensität zum Quadrat der Spannung proportional ist.

Der Effekt tritt auf, wenn der die flüssigkristalline Struktur durchlaufende Lichtstrahl eine Apertur  $a$  vorfindet, die mehreren Perioden  $p_0$  der schraubenförmigen Struktur entspricht. Auf diese Weise wird die elektrooptische Ausgangswirkung entlang der Schraubenrichtung gemittelt.

Gegenüber Effekten, bei denen die schraubenförmige Struktur vollständig aufgehoben wird, z.B. dem sog. SSFLC-Effekt, besteht eine Reihe von wichtigen Unterschieden.

1. Die Betriebsspannung hängt ab vom smektischen Kippwinkel  $\theta_0$ , der Polarisierung  $P_c$  im unverdrillten Zustand, dem Verhältnis von Schichtdicke zur Ganghöhe  $d/p_0$ , und ist im allgemeinen niedriger als die zur Aufhebung der Helix benötigte Spannung  $U_0$ . Durch Erhöhung des Verhältnisses von Schichtdicke  $d$  zu Ganghöhe  $p_0$  und Vergrößerung des smektischen Kippwinkels  $\theta_0$  ist es möglich, den Betriebsspannungsbereich zu erweitern.

2. Der Effekt besitzt eine gute Modulationstiefe und ein hohes Kontrastverhältnis sowie eine zur angelegten Spannung ungefähr proportionale Grauskala.

3. Der Effekt erlaubt eine durch die angelegte Spannungsamplitude gesteuerte Speicherung. Die Zeit  $t_0$  bis zur Rückkehr der Struktur zur ursprünglichen ungestörten Helixform ist abhängig von der Viskosität und den elastischen Konstanten des Flüssigkristallmaterials, sowie von der Helixganghöhe. Außerdem wird die Speicherzeit von den Oberflächenbedingungen beeinflusst. Für niedrige Werte der Ganghöhe kann die Speicherzeit von sehr kleinen Werten von etwa 10-100  $\mu$ sec. bis zu grossen Werten von 5-10 sec. variiert werden.

4. Der Effekt beruht auf geringen Variationen der Direktor-Orientierung und verändert die Desinklationswände im Anzeigebereich nicht. Infolgedessen sind Verzögerungszeiten im Anzeigebetrieb nicht zu beobachten.

5. Der Effekt ist bei planarer Konfiguration nicht empfindlich in Bezug auf die Wandorientierung. Die üblichen Methoden zur Wandorientierung wie bei nematischen Flüssigkristallen können verwendet werden.

6. Der Effekt erlaubt die Anwendung von bipolaren Signalen als auch von harmonischen Feldern mit einer charakteristischen Frequenz  $f$ .

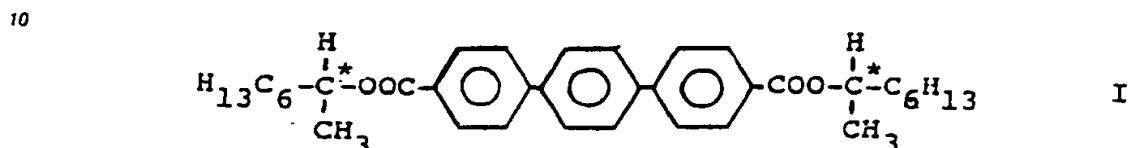
7. Mit geeigneten Steuersignalen können mit dem Effekt auch optische Phasenunterschiede in der Flüssigkristallschicht so hervorgerufen werden, dass eine Farbumschaltung möglich ist.

Wie bereits erwähnt, sind bevorzugte Parameter ein Verhältnis von Dicke  $d$  zu Ganghöhe  $p_0$  von mehr als 5, besonders bevorzugt mehr als 10. Der smektische Kippwinkel sollte bevorzugt 22,5 bis 50° und besonders bevorzugt 25° bis 40° betragen. Ferner sollte der Wert für den sog. Phasenfaktor

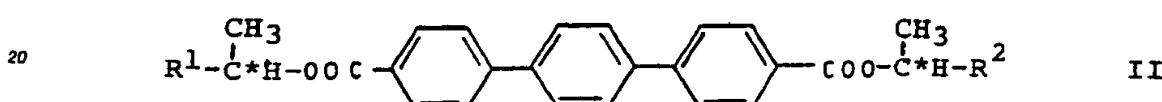
$$\frac{d\theta_o^2 \Delta n}{\lambda}$$

5 grösser als 0.45, besonders bevorzugt grösser als 1 sein.

Der Flüssigkristall besteht beim vorliegenden Ausführungsbeispiel aus folgender Mischung: 26,1 Gew.% 5-Octyl-2-[p-(octyloxy)phenyl]pyrimidin, 17,1 Gew.% 5-Octyl 2-[p-(nonyloxy)phenyl]pyrimidin, 24,5 Gew.% 5-Octyl-2-[p-(decyloxy)phenyl]pyrimidin und 32,3 Gew.% des chiralen Zusatzstoffes



Allgemein können als chirale Zusatzstoffe Verbindungen der allgemeinen Formel



25 worin R' und R<sup>2</sup> unabhängig voneinander Alkyl mit mindestens zwei Kohlenstoffatomen bedeuten und C' ein chirales Kohlenstoffatom bezeichnet, verwendet werden.

Die Verbindungen der Formel I sind neu und ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Sie induzieren im Flüssigkristallgemisch eine sehr hohe spontane Polarisation, sind chemisch stabil, farblos und gut löslich in üblichen Flüssigkristallmaterialien, insbesondere in ferroelektrischen smektischen Flüssigkristallen.

30 Der Ausdruck "Alkyl mit mindestens 2 Kohlenstoffatomen" umfasst geradkettige und verzweigte Gruppen, insbesondere geradkettiges Alkyl mit mindestens 2 Kohlenstoffatomen und Isoalkyl, wie Aethyl, Propyl, Isopropyl, Butyl, Isobutyl, Pentyl, Hexyl, Heptyl, Octyl, Nonyl und dergleichen. Die Alkylgruppen  $R^1$  und  $R^2$  besitzen vorzugsweise je 2-15, besonders bevorzugt 2-9 Kohlenstoffatome.  $R^1$  und  $R^2$  können verschiedene oder vorzugsweise gleiche Bedeutungen haben.

35 Die Konfiguration an den Chiralitätszentren in Formel II ist vorzugsweise so, dass die chiralen Gruppen eine gleichsinnige spontane Polarisation induzieren. Vorzugsweise liegen beide chiralen Kohlenstoffatome in S-Konfiguration oder beide in R-Konfiguration vor, insbesondere wenn R' und R<sup>2</sup> die gleiche Bedeutung haben.

40 Die Verbindungen der Formel II können in an sich bekannter Weise nach üblichen Veresterungsmethoden aus 4,4'-p-Terphenyldicarbonsäure und 2-Alkanolen hergestellt werden. Die Ausgangsmaterialien sind bekannte oder Analoge bekannter Verbindungen.

45 Die Verbindungen der Formel II eignen sich insbesondere als chirale Dotierstoffe für flüssigkristalline Gemische. Die Erfindung betrifft daher ebenfalls ein flüssigkristallines Gemisch mit mindestens 2 Komponenten, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Komponente eine optisch aktive Verbindung der Formel II ist. Vorzugsweise enthält das Gemisch ein Flüssigkristallmaterial mit getilpter smektischer Phase

Der Anteil an Verbindungen der Formel II in den erfindungsgemässen Gemischen kann in breiten Grenzen variieren und beispielsweise etwa 0,5-30 Gew.-% betragen. Bevorzugt ist im allgemeinen ein

50 Bereich von etwa 1-20 Gew.-% und besonders bevorzugt ein Bereich von etwa 3-10 Gew.-%.  
 Das Flüssigkristallmaterial mit getilteter smektischer Phase kann aus üblichen Materialien bestehen. Bevorzugt sind Materialien mit einer smektisch C-Phase, wie Derivate von Phenylpyrimidin, Phenylpyridin, Phenylbenzoat, Benzoësäurebiphenylester, 4-Biphenylcarbonsäure-phenylester mit einer smektisch C-Phase.

55 In der Zelle mit dieser Flüssigkristallmischung beträgt die Ganghöhe  $p_0$  0,3 bis 0,4  $\mu$  bei 25°C, die Doppelbrechung  $\Delta n = 0,25$ . Der smektische Kippwinkel  $\theta_0$  beträgt ca. 29° bei Raumtemperatur. Die spontane Polarisation  $P_c$  beträgt ca.  $7 \cdot 10^{-8}$  C/cm<sup>2</sup> bei 25°C. Die Rotationsviskosität beträgt ca. 1 Poise. Die Flüssigkristallschicht in der Zelle hat eine Dicke von 3,6  $\mu$ m. Die Spannung  $U_u$  für die vollständige Aufhebung der Schraubenstruktur liegt bei ca. 2 V. Für diese Zelle beträgt die Ansprechzeit ungefähr 200

μsec. Die Ansprechzeit ist für den gesamten Bereich der angelegten Spannung  $0 < U < U_u$  annähernd gleich lang.

Die bevorzugten Werte für den Winkel  $\beta$  sind  $\beta = 22.5^\circ$  ( $\frac{\pi}{8}$ ) oder  $\beta = 67.5^\circ$  ( $\frac{3\pi}{8}$ ) für die lineare Betriebsart und  $\beta = 0^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$  ( $\frac{\pi}{8}$ ),  $\beta = 90^\circ$  ( $\frac{\pi}{2}$ ) für die quadratische Betriebsart.

5 Die so aufgebaute Zelle zeigt einen Kontrast von mehr als 100:1. In der folgenden Tabelle sind die Intensitätswerte  $I$  für eine Reihe von Spannungsamplituden angegeben. Die Spannung besteht aus Rechteckimpulsen. Die Werte gelten für die lineare Betriebsart.

Tabelle

10

15

20

25

| U [V] | I [%] |
|-------|-------|
| 0     | 1     |
| 0,15  | 10    |
| 0,25  | 20    |
| 0,45  | 35    |
| 0,6   | 55    |
| 1,0   | 90    |
| 1,5   | 99    |
| 1,75  | 98    |
| 2,0   | 97    |
| 2,45  | 80    |
| 2,6   | 65    |
| 2,95  | 50    |
| 3,3   | 40    |
| 4,0   | 35    |
| 5,15  | 35    |

30 Der maximale Intensitätswert ist 100%. Die ersten Werte im Spannungsbereich von 0 bis 2 Volt geben die erzielbare Grauskala wieder. Oberhalb von 2 Volt wird der Kontrast geringer, was auf den höheren smektischen Kippwinkel zurückzuführen ist. Bei Spannungen über 4,0 Volt wird die Helix vollständig abgewickelt.

Im folgenden wird die Herstellung einer Verbindung der Formel II am Beispiel beschrieben.

35

#### Beispiel 1

40 Eine Lösung von 2 g 4,4''-p-Terphenyldicarbonsäuredichlorid (herstellbar durch Umsetzung von 4,4''-p-Terphenyldicarbonsäure mit Thionylchlorid in Pyridin bei  $80^\circ\text{C}$ ) in 200 ml trockenem Pyridin wurde mit 1,59 g S-(+)-2-Octanol versetzt und 24 Stunden bei  $20^\circ\text{C}$  gerührt. Anschliessend wurde das Reaktionsgemisch auf ein Gemisch von Eis und verdünnter Salzsäure gegossen. Das kristalline Produkt wurde abfiltriert, mit Wasser gewaschen und am Hochvakuum getrocknet. Chromatographische Reinigung und Umkristallisation ergab reines 4,4''-Di-[2(S)-Octyloxycarbonyl]-p-terphenyl mit Schmelzpunkt  $81-82^\circ\text{C}$ .

45 In analoger Weise können die folgenden Verbindungen hergestellt werden:

4,4''-Di-[2(S)-Hexyloxycarbonyl]-p-terphenyl;  
 4,4''-Di-[2(R)-Hexyloxycarbonyl]-p-terphenyl;  
 4,4''-Di-[2(S)-Heptyloxycarbonyl]-p-terphenyl;  
 50 4,4''-Di-[2(R)-Heptyloxycarbonyl]-p-terphenyl;  
 4,4''-Di-[2(R)-Octyloxycarbonyl]-p-terphenyl, Smp.  $81-82^\circ\text{C}$ ;  
 4,4''-Di-[2(S)-Nonyloxycarbonyl]-p-terphenyl;  
 4,4''-Di-[2(R)-Nonyloxycarbonyl]-p-terphenyl;  
 55 4,4''-Di-[2(S)-Decyloxycarbonyl]-p-terphenyl;  
 4,4''-Di-[2(R)-Decyloxycarbonyl]-p-terphenyl.

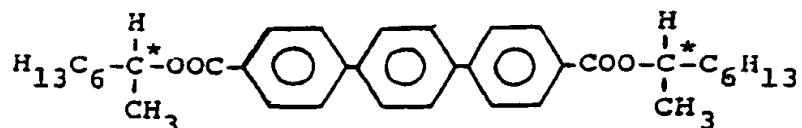
Die spontane Polarisation  $P_s$  wurde anhand eines Gemisches von 5 Gew.-% 4,4'-Di-[2(S)-Octyloxycarbonyl]-p-terphenyl und 95 Gew.-% 4-Octyloxybenzoësäure-4-hexyloxyphenylester untersucht. Das Gemisch besaß bei 40 °C einen  $P_s$ -Wert von 8,8 nC/cm<sup>2</sup>. Der extrapolierte  $P_s$ -Wert für 4,4'-Di-[2(S)-Octyloxycarbonyl]-p-terphenyl bei 40 °C beträgt 176 nC/cm<sup>2</sup>.

5

### Ansprüche

1. Flüssigkristallanzeigezelle mit einer chiralen ferroelektrischen smektischen Flüssigkristallschicht, deren Helixstruktur durch Einwirkung eines elektrischen Feldes derart beeinflusst wird, dass sich ihre optische Anisotropie ändert, einem Paar den Flüssigkristall einschliessender, transparenter Platten, die mit einer die Moleküle des Flüssigkristalls ausrichtenden Oberflächenstruktur und mit Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes im Flüssigkristall versehen sind, und je einem Polarisator vor und hinter dem Flüssigkristall, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis  $d/p$  der Dicke  $d$  der Flüssigkristallschicht zur Ganghöhe  $p$  der schraubenförmigen Verdrillung grösser ist als 5, der smektische Kippwinkel  $\theta_0$  zwischen 22,5° und 50° liegt und das Produkt  $d \cdot \theta_0^2 \cdot \Delta n \cdot 1/\lambda$  (Phasenfaktor) aus der Dicke  $d$ , dem Quadrat des Kippwinkels  $\theta_0$ , dem Wert der Doppelbrechung  $\Delta n$  und dem Reziprokwert der Lichtwellenlänge  $\lambda$  grösser ist als 0,45  $\mu\text{m}$ .
2. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis  $d/p$  grösser ist als 10.
3. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $\theta_0 = 29^\circ$  ist.
4. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Phasenfaktor grösser als 1 ist.
5. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel  $\beta$  zwischen der Helixachse und der Polarisationsrichtung des eingesetzten Polarisators 22,5° oder 67,5° beträgt für eine Betriebsart der Zelle, bei der die Intensität des durchgehenden Lichts proportional zur angelegten Spannung ist.
6. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel  $\beta$  zwischen der Helixachse und der Polarisationsrichtung des eingesetzten Polarisators 0°, 45° oder 90° beträgt für eine Betriebsart der Zelle, bei der die Intensität des durchgehenden Lichts proportional zum Quadrat der angelegten Spannung ist.
7. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenstruktur der Platten eine die Flüssigkristallmoleküle planar ausrichtende Wirkung hat.
8. Flüssigkristallanzeigezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarisatoren gekreuzt sind.
9. Flüssigkristallzelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkristall aus folgender Mischung besteht: 26,1 Gew.% 5-Octyl-2-[(octyloxy)phenyl]pyrimidin, 17,1 Gew.% 5-Octyl 2-[(nonyloxy)phenyl]pyrimidin, 24,5 Gew.% 5-Octyl-2-[(decyloxy)phenyl]pyrimidin und 32,3 Gew.% des chiralen Zusatzstoffes

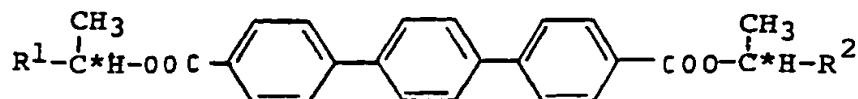
40



45

10. Chiraler Zusatzstoff für Flüssigkristallmischungen gekennzeichnet durch folgende Formel

50



55 worin  $R^1$  und  $R^2$  unabhängig voneinander Alkyl mit mindestens 2 Kohlenstoffatomen bedeuten und  $C^*$  ein chirales Kohlenstoffatom bezeichnet.

11. Flüssigkristallines Gemisch mit mindestens 2 Komponenten, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Komponente eine optisch aktive Verbindung der in Anspruch 10 definierten Formel ist.

12. Verwendung der Verbindungen der in Anspruch 10 definierten Formel für elektro-optische Zwecke.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

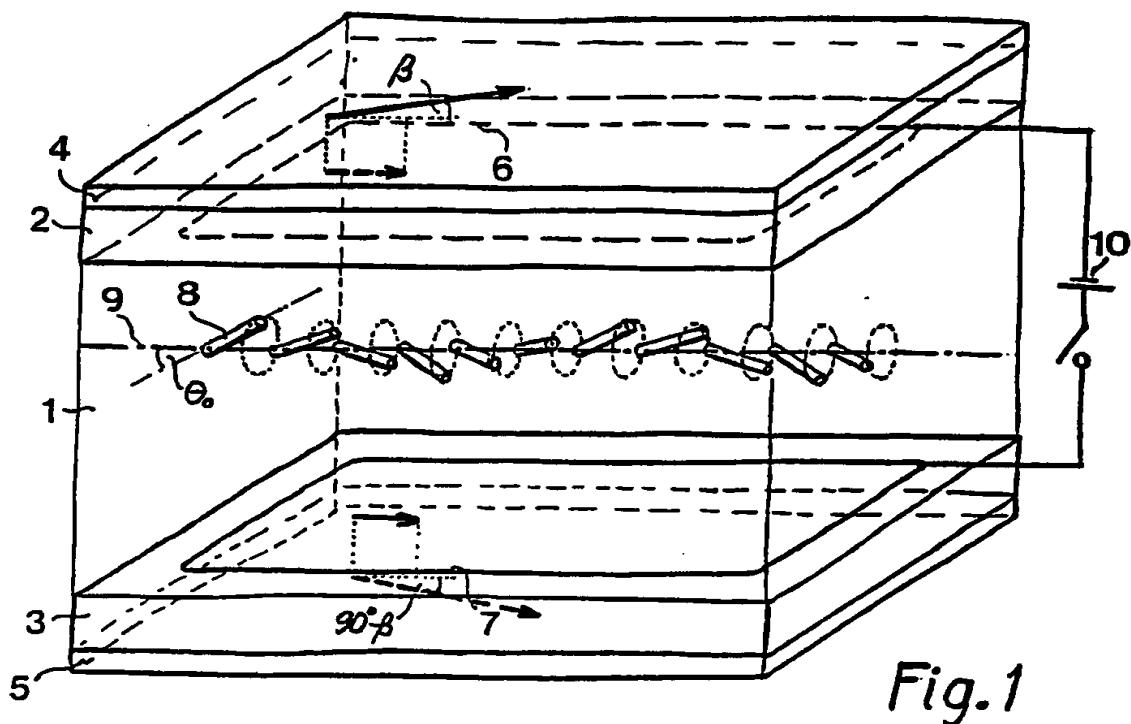


Fig. 1

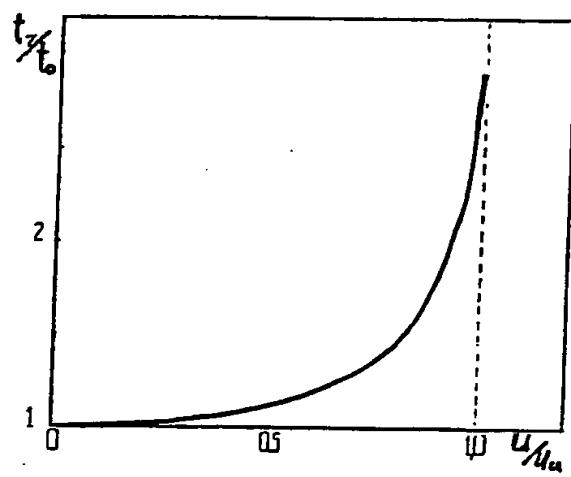


Fig. 2